

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/001597

International filing date: 03 February 2005 (03.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-029016
Filing date: 05 February 2004 (05.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 07 April 2005 (07.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

07.02.2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 2 月 5 日
Date of Application:

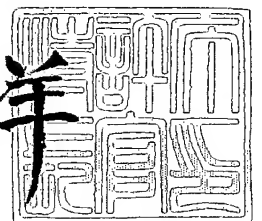
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 2 9 0 1 6
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 2 9 0 1 6]

出 願 人 三 菱 重 工 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 3 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 200301534
【提出日】 平成16年 2月 5日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H02K 1/06
【発明者】
 【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社
 社神戸造船所内
 【氏名】 藤原 謙二
【発明者】
 【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社
 社神戸造船所内
 【氏名】 小暮 孝敏
【発明者】
 【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目 1 番 1 号 三菱重工業株式会社
 社神戸造船所内
 【氏名】 西尾 章
【発明者】
 【住所又は居所】 兵庫県神戸市兵庫区和田宮通 7 丁目 1 番 1 4 号 西菱エンジニア
 リング株式会社内
 【氏名】 馬場 功
【特許出願人】
 【識別番号】 000006208
 【氏名又は名称】 三菱重工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100102864
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 工藤 実
【選任した代理人】
 【識別番号】 100117617
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 中尾 圭策
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 053213
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0301691

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

ステータと、
 ロータ鉄心と、界磁を構成する複数の永久磁石とを備えたロータ
 とを含み、
 前記ロータ鉄心は、前記ステータに対向する側面を有し、
 前記永久磁石は、前記側面に面する磁極面を有し、
 前記永久磁石は、前記磁極面と前記側面との距離の最大値 x が、前記ロータの半径 r と
 前記開示の極数 n_1 とを用いて表される下記式 (1 a), (1 b) :

$$x < D / 10, \quad \dots (1 a)$$

$$D = 2 \pi r / n_1, \quad \dots (1 b)$$

を満足するように前記ロータ鉄心に埋め込まれ、

前記界磁の隣接する 2 極をそれぞれに構成する、隣接する 2 つの前記永久磁石は、前記
 ロータの q 軸インダクタンス L_q 、及び d 軸インダクタンス L_d を用いて記述される下記
 式 (2) :

$$0.3 < (L_q - L_d) / L_d, \quad \dots (2)$$

を満足するように離されている

I PM 回転電機。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の I PM 回転電機において、

前記ステータには 3 相電流が供給され、

前記界磁の極数 n_1 と、前記ステータに設けられたスロットの数 n_2 とは、下記組み合
 わせ:

$$n_1 = 12, n_2 = 9,$$

$$n_1 = 14, n_2 = 12,$$

$$n_1 = 16, n_2 = 12,$$

$$n_1 = 16, n_2 = 18,$$

$$n_1 = 20, n_2 = 15,$$

$$n_1 = 20, n_2 = 18,$$

$$n_1 = 20, n_2 = 21,$$

$$n_1 = 22, n_2 = 24,$$

$$n_1 = 24, n_2 = 18,$$

$$n_1 = 24, n_2 = 27,$$

$$n_1 = 26, n_2 = 24,$$

$$n_1 = 28, n_2 = 24,$$

$$n_1 = 30, n_2 = 27,$$

のいずれかである

I PM 回転電機。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の I PM 回転電機において、

前記ステータには、5 相電流が供給され、

前記界磁の極数 n_1 と、前記ステータに設けられたスロットの数 n_2 とは、下記組み合
 わせ:

$$n_1 = 12, n_2 = 10,$$

$$n_1 = 14, n_2 = 10,$$

$$n_1 = 22, n_2 = 20,$$

$$n_1 = 18, n_2 = 20,$$

$$n_1 = 24, n_2 = 20,$$

$$n_1 = 26, n_2 = 20,$$

$$n_1 = 28, n_2 = 20,$$

$n_1 = 26, n_2 = 30,$
 $n_1 = 28, n_2 = 30,$
のいずれかである
I P M 回転電機。

【書類名】明細書

【発明の名称】IPM回転電機

【技術分野】

【0001】

本発明は、IPM (Interior Permanent Magnet) モータ及びIPM発電機のような、IPM回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

IPMモータは、ロータ鉄心の内部に永久磁石が埋め込まれたブラシレスモータである。IPMモータは、体積あたりの出力トルクが大きく、且つ、入力電圧が小さいという特長を有している。このような特長を有するIPMモータは、電気自動車の駆動用モータへの応用が好適である。

【0003】

IPMモータは、外部から動力を供給することにより発電機としても機能する。IPMモータが発電機として機能することは、電気自動車への応用において特に重要である。以下においてIPMモータとIPM発電機とを区別する必要がない場合、これらはIPM回転電機と記述される。

【0004】

IPM回転電機は、大きな出力トルクが得られることが望ましい。大きな出力トルクを得るためのIPMモータの構造が、特許文献1に開示されている。公知のそのIPMモータは、界磁を構成する永久磁石がロータ鉄心に浅く埋められている。このような構造は、大きなマグネットトルクを得ることを可能にする上に、補助的なリラクタンストルクを得ることを可能にし、IPMモータの出力トルクを有効に増大する。特許文献1は、マグネットトルクを増大させるために、電機子巻線に鎖交する磁束の磁束密度を高めることが好適であることを開示している（例えば、特許文献1の段落〔0073〕参照）。更に、特許文献1は、永久磁石をロータ鉄心に浅く埋め込むことにより、q軸インダクタンス L_q とd軸インダクタンス L_d とに、下記関係：

$$0 \leq (L_q - L_d) / L_d < 0.3,$$

を成立させることが好適であることを開示している（特に、同文献の段落〔0083〕～〔0086〕及び〔0103〕参照）。

【特許文献1】特開2002-153033号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、一層に大きな出力トルクを得るためのIPMモータのロータ構造を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

以下に、上記の目的を達成するための手段を説明する。その手段に含まれる技術的事項には、「特許請求の範囲」の記載と「発明を実施するための最良の形態」の記載との対応関係を明らかにするために、「発明を実施するための最良の形態」で使用される番号・符号が付加されている。但し、付加された番号・符号は、「特許請求の範囲」に記載されている発明の技術的範囲の解釈に用いてはならない。

【0007】

本発明によるIPMモータは、ステータ(11)と、ロータ(12)とを含む。ロータ(12)は、ロータ鉄心(17)と、界磁を構成する複数の永久磁石(18)とを備えている。ロータ鉄心(17)は、ステータ(11)に対向する側面(12a)を有し、永久磁石(18)は、側面(12a)に面する磁極面(18a)を有している。永久磁石(18)は、磁極面(18a)と側面(12a)との距離の最大値 x が、ロータ(12)の半径 r と前記界磁の極数 n_1 とを用いて表される下記式(1a)、(1b)：

$$x < D/10, \quad \dots (1a)$$

$$D = 2\pi r/n_1, \quad \dots (1b)$$

を満足する程度にロータ鉄心(17)に浅く埋め込まれている。更に、前記界磁の隣接する2極をそれぞれに構成する、隣接する2つの永久磁石(18)は、ロータ(12)のq軸インダクタンス L_q 、及びd軸インダクタンス L_d を用いて記述される下記式(2):

$$0.3 < (L_q - L_d)/L_d, \quad \dots (2)$$

を満足するように積極的に離されている。かかるIPMモータ(10)は、永久磁石(18)がロータ鉄心(17)に浅く埋め込まれているため、マグネットトルクが大きい。当該IPMモータ(10)は、更に、ロータ鉄心(17)の、隣接する2つの永久磁石(18)の間に位置する磁石間鉄心部分(17c)の体積が大きく、該磁石間鉄心部分(17c)に作用するリラクタンストルクが大きい。これらの作用により、当該IPMモータ(10)は、マグネットトルクとリラクタンストルクの和である出力トルクを増大させることができる。

【0008】

ステータ(11)に、3相電流が供給される場合には、界磁の極数 n_1 と、ステータ(11)に設けられるスロット(14)の数 n_2 とは、下記組み合わせ:

$$n_1 = 12, n_2 = 9,$$

$$n_1 = 14, n_2 = 12,$$

$$n_1 = 16, n_2 = 12,$$

$$n_1 = 16, n_2 = 18,$$

$$n_1 = 20, n_2 = 15,$$

$$n_1 = 20, n_2 = 18,$$

$$n_1 = 20, n_2 = 21,$$

$$n_1 = 22, n_2 = 24,$$

$$n_1 = 24, n_2 = 18,$$

$$n_1 = 24, n_2 = 27,$$

$$n_1 = 26, n_2 = 24,$$

$$n_1 = 28, n_2 = 24,$$

$$n_1 = 30, n_2 = 27,$$

のいずれかであることが好適である。これらの組み合わせは、永久磁石(18)がロータ鉄心(17)に浅く埋め込まれたIPM回転電機(10)の特性を特異的に向上させる。

【0009】

前記ステータ(31)に、5相電流が供給される場合には、極数 n_1 と、スロット(34)の数 n_2 とは、下記組み合わせ:

$$n_1 = 12, n_2 = 10,$$

$$n_1 = 14, n_2 = 10,$$

$$n_1 = 22, n_2 = 20,$$

$$n_1 = 18, n_2 = 20,$$

$$n_1 = 24, n_2 = 20,$$

$$n_1 = 26, n_2 = 20,$$

$$n_1 = 28, n_2 = 20,$$

$$n_1 = 26, n_2 = 30,$$

$$n_1 = 28, n_2 = 30,$$

のいずれかであることが好適である。これらの組み合わせは、永久磁石(18)がロータ鉄心(17)に浅く埋め込まれたIPM回転電機(30)の特性を特異的に向上させる。

【発明の効果】

【0010】

本発明により、一層に大きな出力トルクを得るためのIPMモータのロータ構造が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下、添付図面を参照しながら、本発明によるIPM回転電機の実施の形態を説明する。

【0012】

(実施の第1形態)

本発明の実施の第1形態では、図1に示されているように、IPMモータ10は、ステータ11とロータ12とを含む。ステータ11は、ロータ12のロータ側面12aに対向する。ステータ11は、電磁的作用によってロータ12にトルクを与え、ロータ12を中心軸12bの周りに回転させる。IPMモータ10は、外部から動力を供給することにより発電機としても機能する。

【0013】

ロータ12に与えられるトルク、即ち、IPMモータ10から出力される出力トルクは、マグネットトルクとリラクタンストルクとの両方の成分を含む。IPMモータ10は、ロータ12との構造の最適化により、マグネットトルクとリラクタンストルクとの和（即ち、出力トルク）が大きくなるように設計されている。ステータ11とロータ12との構造が、以下に詳細に説明される。

【0014】

ステータ11は、電機子歯13₁～13₁₂を含む。以下において、電機子歯13₁～13₁₂は、互いに区別される必要がない場合には電機子歯13と表記される。電機子歯13は、同一円周上に等間隔に配置されている。隣接する2つの電機子歯13の間には、スロット14が形成されている。スロット14は、同一円周上に等間隔に配置されることになる。

【0015】

電機子歯13₁～13₁₂には、それぞれ、電機子巻線15₁～15₁₂が巻かれている。ステータ11の内側に回転磁界を発生するために、電機子巻線15₁～15₁₂には、三相の電機子電流が供給される。詳細には、電機子巻線15₁、15₂、15₇、15₈には、U相電流が供給され、電機子巻線15₃、15₄、15₉、15₁₀には、V相電流が供給され、電機子コイル15₅、15₆、15₁₁、15₁₂には、W相電流が供給される。電機子巻線15₁、15₄、15₅、15₈、15₉、15₁₂は、第1方向に（例えば、時計周りに）電機子電流が流れるように巻かれており、電機子巻線15₂、15₃、15₆、15₇、15₁₀、15₁₁は、第1方向と逆の第2方向に（例えば、反時計周りに）電機子電流が流れるように巻かれている。電機子巻線15₁～15₁₂は、互いに区別される必要がない場合には、電機子巻線15と表記される。

【0016】

電機子巻線15は、集中巻きで電機子歯13に巻かれている。電機子コイル15が集中巻きで巻かれることは、体積あたりのIPMモータ10のトルクを大きくし、好適である。

【0017】

ロータ12は、シャフト16とロータ鉄心17とを含む。シャフト16は、図示されない軸受によって回転可能に支持されている。ロータ鉄心17は、シャフト16に固定的に接合され、シャフト16と同体回転する。ロータ鉄心17は、珪素鋼板のような磁性材料で形成されている。

【0018】

ロータ鉄心17には、永久磁石18が挿入されている。永久磁石18のそれぞれは、ロータ12の界磁の一極を構成し、ロータ12の半径方向に磁力線を発生する。隣接する2つの永久磁石18は、互いに逆の方向の磁力線を発生する、即ち、隣接する2つの永久磁石18の極性は逆である。本実施の形態では、永久磁石18の数、即ち、界磁の極数 n_1 は14である。

【0019】

図2に示されているように、ロータ鉄心17には、永久磁石18の半径方向外側に位置

する部分 17 a (磁力線誘導部分 17 a) が設けられる。磁力線誘導部分 17 a は、その円周方向の端において、鉄心本体 17 b に結合されている。この磁力線誘導部分 17 a の存在は、弱め界磁制御を実現するために重要である。当業者に周知であるように、IPM モータを高い回転数で運転する場合には、電機子電流の位相を進めて界磁を弱める弱め界磁制御が行われる。この磁力線誘導部分 17 a の存在は、弱め界磁制御を行うことを容易にする。磁力線誘導部分 17 a が存在しない SPM モータ (surface permanent magnet) モータでは、弱め界磁制御の実現は難しい。

【0020】

一般的な IPM モータとは異なり、本実施の形態の IPM モータでは、永久磁石 18 のロータ側面 12 a からの埋め込み深さ (即ち、半径方向外側の磁極面 18 a の上の点から、ロータ側面 12 a への距離の最大値) が浅い。定量的に表現すれば、永久磁石 18 は、その埋め込み深さ x が、ロータ 12 の半径 r と極数 n_1 とを用いて表される下記式 (1 a), (1 b) :

$$x \leq D/10, \quad \dots (1a)$$

$$D = 2\pi r/n_1, \quad \dots (1b)$$

を満足するような浅い位置に埋め込まれる。

【0021】

永久磁石 18 が浅く埋め込まれることは、弱め界磁制御を行いつつ、IPM モータ 10 のマグネットトルクを有効に活用するために有用である。永久磁石 18 が浅く埋め込まれることにより、永久磁石 18 が生成する磁束は電機子巻線 15 に多く鎖交され、マグネットトルクが増大される。マグネットトルクが活用されることは、出力トルクの増大に有用である。

【0022】

加えて、本実施の形態の IPM モータでは、図 3 に示されているように、ロータ鉄心 17 の、隣接する永久磁石 18 の間に位置する磁石間鉄心部分 17 c に作用するリラクタンストルクを有効に利用することにより、出力トルクの増大が図られている。

【0023】

具体的には、磁石間鉄心部分 17 c に作用するリラクタンストルクを増大させるために、磁石間鉄心部分 17 c の永久磁石 18 の磁極面 18 a の円周方向の幅が狭められ、隣接する永久磁石 18 の間の距離が積極的に増大されている。このように永久磁石 18 の配置を定めることにより、磁石間鉄心部分 17 c の体積が増大され、磁石間鉄心部分 17 c に作用するリラクタンストルクを増大することができる。

【0024】

定性的には、隣接する 2 つの永久磁石 18 は、下記式 (2) :

$$0.3 < (L_q - L_d)/L_d, \quad \dots (2)$$

を満足する程度に離されている。ここにおいて、 L_q は、ロータ 12 の q 軸インダクタンス L_q であり、 L_d は、d 軸インダクタンスである。q 軸インダクタンス L_q は、隣接する 2 つの永久磁石 18 の間の距離が大きくなるほど単調に増大されるから、 $(L_q - L_d)/L_d$ が 0.3 よりも大きいことは、隣接する 2 つの永久磁石 18 の間の距離が増大されることと等価である。 $(L_q - L_d)/L_d$ の上限は、ロータ 12 の物理的限界に基づいて決定される。 $(L_q - L_d)/L_d$ が 4 よりも大きい IPM モータを形成することは実質的に困難であり、現実的には、 $(L_q - L_d)/L_d$ は 4 以下に制限される。

【0025】

磁石間鉄心部分 17 c に作用するリラクタンストルクを利用するという本実施の形態の技術は、特許文献 1 に開示されている IPM モータとは、全く異なる技術的思想に基づくものである。特許文献 1 には、マグネットトルクを増大させるために、電機子巻線に鎖交する磁束の磁束密度を高めることが好適であることを開示している。一方、本実施の形態の IPM モータでは、磁石間鉄心部分 17 c の永久磁石 18 の磁極面 18 a の円周方向の幅を積極的に減少させ、電機子巻線 15 に鎖交する磁束を少なくしている。これは、マグネットトルクの減少を招く。しかしながら、本実施の形態の IPM モータでは、隣接する

2つの永久磁石18の間の距離を増大させることによって磁石間鉄心部分17cに作用するリラクタンストルクが増大され、全体としては、その出力トルクを増大することが可能である。

【0026】

永久磁石18が浅く埋め込まれることは、2つの永久磁石18の間の距離を増大させてリラクタンストルクを有効に利用する構成において効果的である。本実施の形態のIPMモータ10のリラクタンストルク T_R は、下記式(3)：

$$T_R = K (L_q - L_d) I_q I_d, \quad \dots (3)$$

で表される。Kは定数であり、 I_q 、 I_d は、それぞれ電機子巻線15を流れるq軸電流、及びd軸電流である。隣接する永久磁石18の間の距離を大きくすると、q軸インダクタンス L_q が増大されるから、式(3)から理解されるように、隣接する永久磁石18の間の距離を大きくすることにより、出力トルクを増大することができる。これに加えて永久磁石18が浅く埋め込まれることは、d軸インダクタンス L_d を減少させる。式(3)から理解されるように、d軸インダクタンス L_d の減少は、リラクタンストルク T_R を増大させる。更に、d軸インダクタンス L_d の減少は、d軸電流 I_d を増加させ、式(3)から理解されるようにリラクタンストルク T_R を増大させる。

【0027】

以上に説明されているように、本実施の形態では、永久磁石18を浅く埋め込み、且つ、隣接する永久磁石18の間の距離が積極的に増大されている。これにより、磁石間鉄心部分17に作用するリラクタンストルクが増大され、以ってIPMモータ10の出力トルクが増大されている。加えて、永久磁石18が浅く埋め込まれていることにより、d軸インダクタンス L_d が減少され、磁石間鉄心部分17に作用するリラクタンストルクが一層に増大されている。

【0028】

上述のように、一般的なIPMモータとは異なり、本実施の形態のIPMモータ10は、マグネットトルクと、磁石間鉄心部分17cに作用するリラクタンストルクとの両方を有効に利用する。永久磁石18の埋め込み深さが浅いこと、及び隣接する永久磁石18の間の距離が積極的に増大されていることに起因している。

【0029】

このようなIPMモータ10の特殊性を生かすためには、ロータ12の極数 n_1 と、スロット14の数 n_2 （即ち、電機子歯13の数）とが、下記組み合わせ：

$$\begin{aligned} n_1 &= 12, n_2 = 9, \\ n_1 &= 14, n_2 = 12, \\ n_1 &= 16, n_2 = 12, \\ n_1 &= 16, n_2 = 18, \\ n_1 &= 20, n_2 = 15, \\ n_1 &= 20, n_2 = 18, \\ n_1 &= 20, n_2 = 21, \\ n_1 &= 22, n_2 = 24, \\ n_1 &= 24, n_2 = 18, \\ n_1 &= 24, n_2 = 27, \\ n_1 &= 26, n_2 = 24, \\ n_1 &= 28, n_2 = 24, \\ n_1 &= 30, n_2 = 27, \end{aligned}$$

のいずれかであることが好適である。当業者にとって周知であるように、3相のIPMモータは、極数 n_1 は偶数であり、スロット数 n_2 は3の倍数であり、且つ、極数 n_1 とスロット数 n_2 とは異ならなくてはならない。極数 n_1 とスロット数 n_2 は、これらの条件を満たす様々な組み合わせが考えられる。しかし、上述の組み合わせは、永久磁石18の埋め込み深さが浅いIPMモータ10において特異的に有利である。その理由が、以下に説明される。

【0030】

第1に、これらの組み合わせは、いずれも、極数 n_1 が比較的に大きい。既述の特許文献1に記載されているように、極数 n_1 が大きいことは、界磁が発生する磁力線のうち電機子コイルに鎖交する成分を多くし、IPMモータ10の出力トルクの主成分たるマグネットトルクを増加するために有効である。

【0031】

第2に、これらの組み合わせは、極数 n_1 とスロット数 n_2 との差が小さいため、界磁の1極を構成する永久磁石18を、単一の電機子歯13と正対しやすくする。具体的には、上記組み合わせでは、極数 n_1 とスロット数 n_2 との差は高々5である。これは、IPMモータ10の出力トルクの主成分たるマグネットトルクを増加するために有効である。極数 n_1 とスロット数 n_2 との差が小さいことは、巻線係数を大きくするためにも有効である。巻線係数が大きいことは、永久磁石18が発生する磁力線をより多く電機子コイル15に鎖交させ、マグネットトルクを増加させる。定量的には、上記組み合わせは、いずれも、巻線係数を0.94以上にすることを可能にする。

【0032】

第3に、これらの組み合わせは、ステータ起磁力の基本波成分に対する巻線係数を大きくし、かつ高調波成分にたいする巻線係数を小さく設計することを可能にする。このため、特にこれらの組み合わせは、IPMモータ10の出力を大きくする。

【0033】

上記の極数 n_1 とスロット数 n_2 との組み合わせは、これらの有利性を全て具備しており、永久磁石18の埋め込み深さが浅いIPMモータ10において有利である。

【0034】

(実施の第2形態)

図5に示されているように、実施の第2形態では、本発明が5相のIPMモータ30に適用される。5相のIPMモータは、3相のIPMモータよりも、それを駆動するのに必要なインバータの能力及びキャパシタの容量を小さくできるためで好適である。IPMモータ30は、ステータ31とロータ32とを備えている。

【0035】

ステータ31は、電機子歯33を含む。電機子歯33は、同一円周上に等間隔に配置されている。隣接する2つの電機子歯33の間には、スロット34が形成されている。スロット34は、同一円周上に等間隔に配置されることになる。本実施の形態では、スロットの数 n_2 は、20である。電機子歯33のそれぞれには、電機子コイル35が巻かれている。ステータ11の内側に回転磁界を発生するために、電機子コイル35には、5相の電機子電流が供給される。

【0036】

ロータ32の構造は、永久磁石18の数が異なる点以外、実施の第1形態のロータ12の構造と同一である。本実施の形態では、永久磁石18の数(即ち、界磁の極数)は、22である。永久磁石18は、その埋め込み深さ x が、下記式:

$$x \leq D/10, \quad \dots (1a)$$

$$D = 2\pi r/n_1, \quad \dots (1b)$$

を満足するような浅い位置に埋め込まれる。 r は、ロータ12の半径であり、 n_1 は、界磁の極数である。更に、隣接する2つの永久磁石18は、下記式(2):

$$0.3 < (L_q - L_d)/L_d, \quad \dots (2)$$

を満足する程度に離されている。

【0037】

ロータ32の極数 n_1 と、スロット34の数 n_2 (即ち、電機子歯33の数)とは、下記組み合わせ:

$$n_1 = 12, \quad n_2 = 10,$$

$$n_1 = 14, \quad n_2 = 10,$$

$$n_1 = 22, \quad n_2 = 20,$$

$n_1 = 18, n_2 = 20,$
 $n_1 = 24, n_2 = 20,$
 $n_1 = 26, n_2 = 20,$
 $n_1 = 28, n_2 = 20,$
 $n_1 = 26, n_2 = 30,$
 $n_1 = 28, n_2 = 30,$

のいずれかであることが好適である。当業者にとって周知であるように、5相のIPMモータは、極数 n_1 は偶数であり、スロット数 n_2 は10の倍数であり、且つ、極数 n_1 とスロット数 n_2 とは異ならなくてはならない。極数 n_1 とスロット数 n_2 は、これらの条件を満たす様々な組み合わせが考えられる。しかし、上述の組み合わせは、永久磁石18の埋め込み深さが浅いIPMモータ30において特異的に有利である。

【0038】

第1に、これらの組み合わせは、いずれも、極数 n_1 が比較的に大きい。既述の特許文献1に記載されているように、極数 n_1 が大きいことは、界磁が発生する磁力線のうち電機子コイルに鎖交する成分を多くし、IPMモータ30の出力トルクの主成分たるマグネットトルクを増加するために有効である。

【0039】

第2に、これらの組み合わせは、界磁の1極を構成する永久磁石18を、単一の電機子歯33と正対しやすくする。これは、IPMモータ10の出力トルクの主成分たるマグネットトルクを増加するために有効である。これらの組み合わせは、永久磁石18が発生する磁力線をより多く電機子コイル35に鎖交させ、マグネットトルクを増加させる。

【0040】

第3に、これらの組み合わせは、ステータ起磁力の基本波成分に対する巻線係数を大きくし、かつ高調波成分にたいする巻線係数を小さく設計することを可能にする。このため、特にこれらの組み合わせは、IPMモータ30の出力を大きくする。

【0041】

上記の極数 n_1 とスロット数 n_2 との組み合わせは、これらの有利性を全て具備しており、永久磁石18の埋め込み深さが浅いIPMモータ30において有利である。

【0042】

なお、実施の第1形態、第2形態のいずれにおいても、界磁の1極を構成する永久磁石18は、同一の方向に磁力線が発生する複数の永久磁石片で構成され得る。この場合、永久磁石片の間には、磁力線誘導部分17aと鉄心本体17bとを連結するブリッジ部分が形成される。ブリッジ部分の形成は、磁力線誘導部分17aと鉄心本体17bとの連結強度を向上し、ロータ12を機械的強度を有効に向上する。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】図1は、本発明によるIMP回転電機の実施の第1形態を示す。

【図2】図2は、ロータ12の拡大図である。

【図3】図3は、永久磁石18の配置を説明する図である。

【図4】図4は、本発明によるIMP回転電機の実施の第2形態を示す。

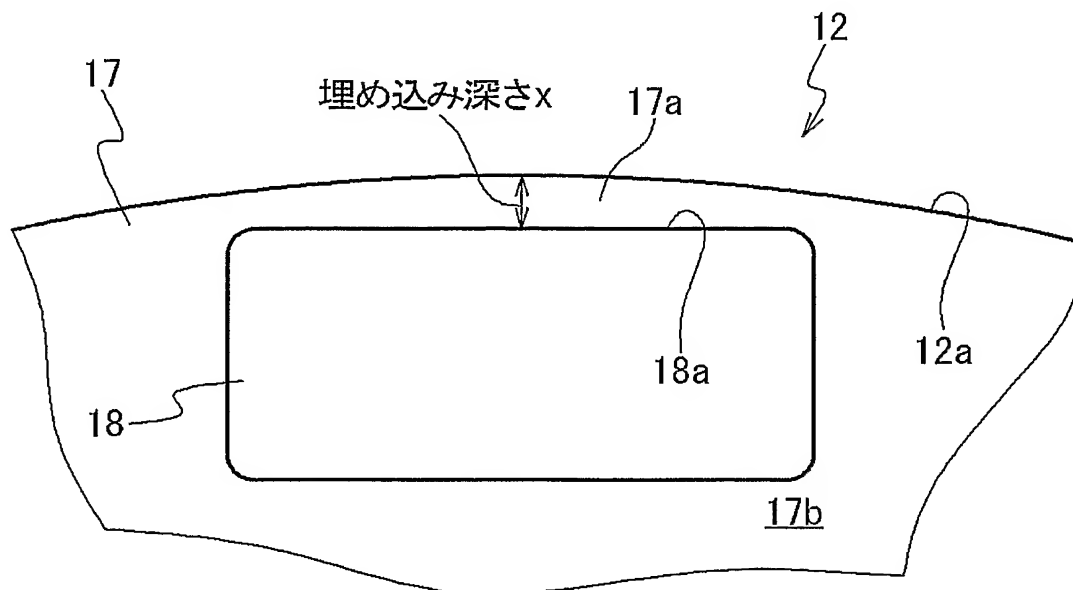
【符号の説明】

【0044】

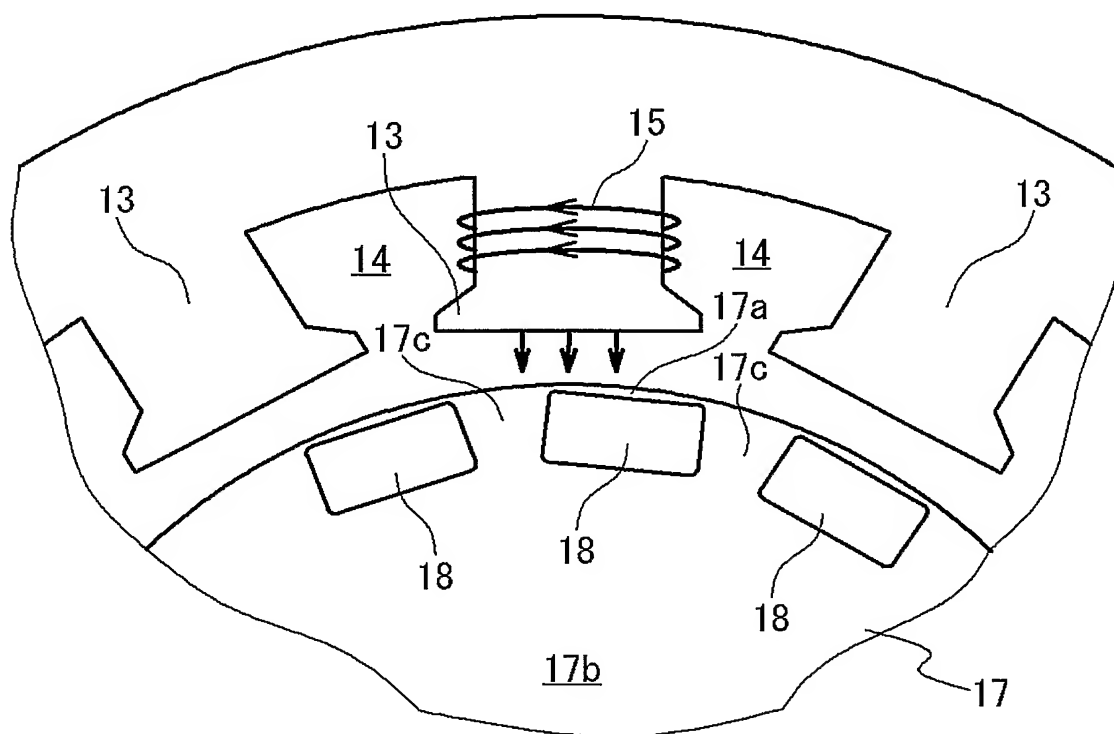
10, 30: IPMモータ
11, 31: ステータ
12, 32: ロータ
13, 33: 電機子歯
14, 34: スロット
15, 35: 電機子コイル
16: シャフト
17: ロータ鉄心

- 1 7 a : 磁力線誘導部分
- 1 7 b : 鉄心本体
- 1 7 c : 磁石間鉄心部分
- 1 8 : 永久磁石

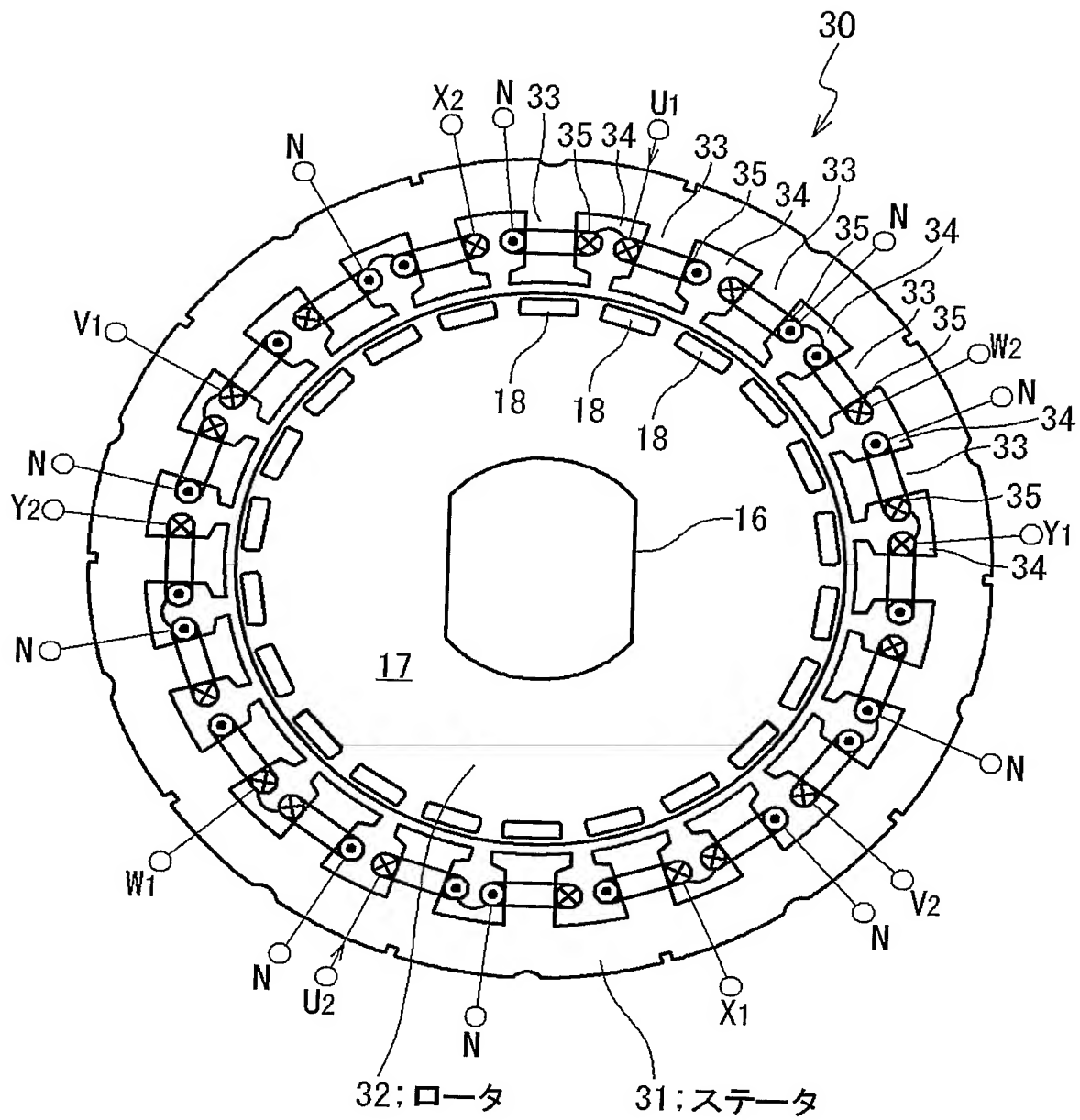
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 IPM回転電機の界磁を構成する永久磁石を、一層に浅くロータ鉄心に埋め込むことを可能にする技術を提供する。

【解決手段】 本発明によるIPMモータは、ステータ(11)と、ロータ(12)とを含む。ロータ(12)は、ロータ鉄心(17)と、界磁を構成する複数の永久磁石(18)とを備えている。ロータ鉄心(17)は、ステータ(11)に対向する側面(12a)を有し、永久磁石(18)は、その磁極面(18a)とロータ側面(12a)との距離が小さくなりように、ロータ鉄心(17)に浅く埋め込まれている。更に、隣接する2つの永久磁石(18)は、ロータ(12)のq軸インダクタンス L_q 、及びd軸インダクタンス L_d を用いて記述される下記式：

$$0.3 < (L_q - L_d) / L_d$$
を満足するように積極的に離されている。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 4 - 0 2 9 0 1 6

ページ : 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 2 0 8]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 5 月 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号

氏 名

三菱重工業株式会社